

(51)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

(52)

Int. Cl.:

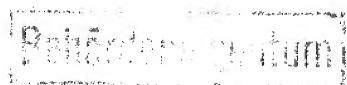
G 01 d, 5/42

G 01 b, 3/14

Deutsche Kl.:

42 d, 1/10

42 b, 26/03



(10)

Offenlegungsschrift 2 237 722

(11)

Aktenzeichen: P 22 37 722.6-52

(21)

Anmeldetag: 1. August 1972

(22)

Offenlegungstag: 21. Februar 1974

(43)

Ausstellungsriorität: —

(30)

Unionspriorität

(32)

Datum: —

(33)

Land: —

(31)

Aktenzeichen: —

(54)

Bezeichnung: Pneumatische Positionsmeßvorrichtung

(61)

Zusatz zu: —

(62)

Ausscheidung aus: —

(71)

Anmelder: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung
der angewandten Forschung e.V., Sitz München, 8000 München

Vertreter gem. § 16 PatG. —

(72)

Als Erfinder benannt: Breitinger, Roland, Dr.-Ing., 7410 Reutlingen

Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

DT 2 237 722

ORIGINAL INSPECTED

Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft
zur Förderung der angewandten
Forschung e.V.
Sitz München
8000 München 19
Romanstr. 13

Mein Zeichen:
FR - 235

Pneumatische Positionsmeßvorrichtung

Die Erfindung betrifft eine pneumatische Positionsmeßvorrichtung, bei der die Relativlage eines verschiebbaren Positionsgebers durch die Messung des Druckes in zwei Bohrungen erfolgt, die an verschiedenen Stellen entlang der Verschieberichtung des Positionsgebers angeordnet sind, und der Positionsgeber bezüglich einer senkrecht zur Verschieberichtung liegenden Ebene derart symmetrisch ausgebildet ist, daß in einer definierten Stellung desselben vor den beiden Öffnungen in diesen gleiche Drücke entstehen, die bei einer Verschiebung des Positionsgebers ungleich verändert werden, so daß in den Bohrungen dann eine Druckdifferenz entsteht.

Derartige pneumatische Positionsmeßvorrichtungen sind bekannt (Lotze, W., Feingerätetechnik, 17. Jg., Heft 10/1968, S. 463, Bild 1). Aus beiden Bohrungen tritt dabei Strömungsmittel aus und trifft auf die beiden jeweils gegenüberliegenden Bereiche des Positionsgebers auf, die als Prallfläche wirken. In einer definierten Stellung ist die Rückwirkung, die durch das Auf-

409808/0567

- 2 -

BAD ORIGINAL

treffen der aus den Austrittsöffnungen der Bohrungen austretenden Strömung auf die Prallflächen in den Bohrungen entsteht, in beiden Bohrungen gleich, so daß keine Druckdifferenz auftritt. Auf diese Weise kann eine bestimmte Relativlage des Positionsgebers gegenüber den beiden Bohrungen festgestellt werden. Der Positionsgeber wird dabei, wie auch bei anderen ähnlichen Systemen (Sharp et al., A Fluidic Absolute Measuring System, Instrument Practice, Januar 1968, S. 43, Fig. 1) durch Nocken gebildet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine pneumatische Positionsmeßvorrichtung zu schaffen, bei der ein wesentlich genauerer Abgleich, insbesondere aber ein genauerer Symmetrieabgleich möglich ist.

Erfindungsgemäß ist eine pneumatische Positionsmeßvorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gekennzeichnet, daß durch die als Sonden ausgebildeten Bohrungen (Sondenbohrungen) die Druckverhältnisse einer Strömung abgetastet werden, die durch Austreten eines Strömungsmittels aus einer zwischen den Sonnenbohrungen senkrecht zur Verschieberichtung angeordneten Düse entsteht.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand der beigefügten Figuren erläutert. Es stellen dar:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Fig. 3 eine Darstellung der Abhängigkeit der Differenz des Druckes in den Sondenbohrungen von einer Verschiebung des Positionsgebers bei einer Anordnung nach Fig. 1

Fig. 4a eine Darstellung der Abhängigkeit der Differenz des Druckes in den Sondenbohrungen von einer Verschiebung des Positionsgebers bei einer Anordnung nach Fig. 2, bei der die Breite des Nockens gleich dem Abstand der beiden Sondenbohrungen voneinander ist;

Fig. 4b eine Darstellung der Abhängigkeit der Differenz des Druckes in den Sondenbohrungen von einer Verschiebung des Positionsgebers bei einer Anordnung nach Fig. 2, bei der die Breite des Nockens größer als der Abstand der Sondenbohrungen voneinander ist.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Erfindung nach Fig. 1 ist in einem Block 1 eine Düse 2 vorgesehen, durch deren Austrittsöffnung 3 Strömungsmittel austritt, das ihr über die Strömungsmittelzuführung 4, in der ein Speisedruck P_s herrscht, zugeführt wird.

Die aus der Austrittsöffnung 3 der Düse 2 austretende Strömung trifft auf die Prallplatte 5, die in Richtung des Pfeiles s verschiebbar ist und in der in Fig. 1 gezeigten Stellung derart gegenüber der Austrittsöffnung 3 angeordnet ist, daß die Achse der Düse 2 in einer Symmetrieebene der Prallplatte 5 liegt.

Links und rechts von der Düse 2 sind in dem Block 1 zwei Sondenbohrungen 6 und 7 vorgesehen. Ihr Abstand gegenüber der Achse der Düse 2 ist gleich.

Tritt nun Strömungsmittel aus der Düse 2 aus und auf die Prallplatte 5 auf, und ist ferner die Prallplatte 5 gegenüber der Düse 2 so angeordnet, daß die Achse der Düse 2 in eine Symmetrieebene der Prallplatte 5 fällt, dann wird die aus der Düse 2 austretende Strömung gleichmäßig nach beiden Seiten umgelenkt und es entsteht im Bereich der beiden Sondenbohrungen 6 und 7

ein Unterdruck, der - infolge der vorausgesetzten Symmetrie der Prallplatte im Verhältnis zu der auf sie auftreffenden Strömung - gleich ist.

Die Sondenbohrungen 6 und 7 sind mit Leitungen 11 und 12 verbunden, die ihrerseits mit Zuleitungen 9 und 10 verbunden sind, zwischen denen ein Druckmeßgerät 8 vorgesehen ist, das den Unterschied Δp der Drücke in den Zuleitungen 9 und 10 mißt. In der soeben beschriebenen symmetrischen Stellung der Prallplatte 5 gegenüber der Düse 2 wird also eine Druckdifferenz von $\Delta p = 0$ angezeigt.

Verschiebt man nun die Prallplatte 5 in Richtung des Pfeiles s, so fällt die Achse der Düse 2 nicht mehr in die Symmetrieebene der Prallplatte 5 und demzufolge sind die Strömungsverhältnisse an den Bereichen des Blockes 1, an denen die Sondenbohrungen 6 und 7 austreten, nicht mehr gleich, so daß auch die durch sie abgetasteten Druckverhältnisse ungleich sind. Demgemäß bildet sich in den Leitungen 11 und 12 ein unterschiedlicher Unterdruck aus, der dann entsprechend durch das Druckmeßgerät 8 angezeigt wird. Der vom Druckmeßgerät 8 angezeigte Druck Δp ist somit ein Maß für die Verschiebung der Prallplatte 5 entlang der Richtung des Pfeiles s aus einer genau definierten Stellung.

Die Sondenbohrungen 6 und 7 dienen dazu, den sich vor ihren Austrittsöffnungen gegenüber der Prallplatte 5 ausbildenden Unterdruck in der durch den Austritt von Strömungsmittel aus der Düse 2 entstandenen Strömung zu messen.

Stehen die beiden Sondenbohrungen 6 und 7 mit einem abgeschlossenen Volumen in Verbindung, so entstehen um den Bereich ihrer Austrittsöffnungen Wirbelablösungen, d.h. der Unterdruck fällt zunächst exponentiell ab und steigt dann schlagartig - bei einer

Wirbelablösung - wieder an; dieser Vorgang wiederholt sich dann fortlaufend; die Frequenz dieser Schwingung hängt neben einer Reihe von anderen Parametern (z.B. an die Sondenbohrungen angeschlossenes Volumen) u.a. von der Geometrie ab, in der sich die Strömung vor der Austrittsöffnung der Sondenbohrungen ausbilden kann. Das bedeutet bei der in Fig. 1, gegebenen Geometrie der Prallplatte 5, daß die Frequenz von der Stellung der Prallplatte 5 in Richtung des Pfeiles s abhängt. Bei genau symmetrischer Ausbildung der Düse 2 und der Sondenbohrungen 6 und 7 könnte also ein Symmetrieabgleich und damit die Feststellung einer definierten Stellung der Prallplatte 5 in der oben erwähnten Weise durch einen Vergleich von Frequenz und Phase der sich in den Sondenbohrungen 6 und 7 und dem ihnen angeschlossenen Volumen ausbildenden Druckschwingung erfolgen. Diese Methode stößt jedoch auf schwierige fertigungstechnische Probleme.

Verbundet man hingegen das Volumen der beiden Sondenbohrungen 6 und 7 mit der Atmosphäre, so entsteht durch den Unterdruck in ihnen eine Saugströmung. Schaltet man nun in die Leitungen 11 und 12 Vordrosseln 13 und 14 ein, und greift hinter ihnen (in Richtung der Saugströmung) den statischen Wanddruck ab, so zeigt das Druckmeßgerät die Differenz Δp der statischen Wanddrücke. Die Empfindlichkeit der Anordnung hängt im Wesentlichen von den Geometrien der Sondenbohrungen 6 und 7 einerseits und der Vordrosseln 13 und 14 andererseits und ihrem Verhältnis zueinander ab. Der an den Druckteilern 15 und 16 abgegriffene Druck, der über die Zuleitungen 9 und 10 dem Druckmeßgerät 8 zugeführt wird, kann dadurch vergrößert werden, daß der Druckteiler mit Überdruck anstatt mit Unterdruck betrieben wird. Die Vordrosseln 13 und 14 sind dann an eine Druckquelle 17 angeschlossen.

Anstelle der Prallplatte 5 kann auch ein Zylinder vor der Düse 2 und den Sondenbohrungen 6 und 7 angeordnet sein, dessen Achse

senkrecht zur Achse der Düsenbohrung 2 verläuft, so daß symmetrische Strömungsverhältnisse vor den Sondenbohrungen 6 und 7 und damit eine Anzeige $\Delta p = 0$ entsteht, wenn die Achse der Düse 2 und eines davor angeordneten Zylinders in einer Ebene liegen. Wichtig dafür, daß jede Verschiebung der Prallplatte 5 in Richtung des Pfeiles s zu einer Änderung der Druckdifferenz Δp führt, ist, daß sich die Geometrie des Raumes zwischen Prallplatte 5 und der Stirnfläche des Blockes 1, in dem die Düse 2 und die Sondenbohrungen 6 und 7 münden, in dem sich die Strömung ausbildet, mit der Verschiebung der Prallplatte 5 in Richtung des Pfeiles s ändert, wie das bei der in Fig. 5 gezeigten, leicht gekrümmten Oberfläche der Prallplatte 5 der Fall ist. Die Prallplatte 5 kann also auch beispielsweise durch ein Dachkantprisma mit sehr kleinen Neigungen ersetzt werden.

Die Prallplatte 5 in der Anordnung nach Fig. 1 ist unter den dargestellten Voraussetzungen ein Positionsgeber, bei dem jeder Position eine bestimmte Durckdifferenz Δp entspricht.

Der Positionsgeber kann auch, wie in Fig. 2, durch einen entlang der Richtung des Pfeiles s verschiebbaren Nocken 18 gebildet werden. Einen besonders genauen Abgleich erhält man, wenn die Breite B des Nockens gleich dem Abstand der beiden Sondenbohrungen 6 und 7 voneinander ist.

Die Genauigkeit der Feststellung des Symmetrieabgleichs kann durch die Wahl des Speisedruckes P_s , sowie durch das Verhältnis der Sondenbohrungen zu der Bohrung der Düse 2 in weiten Bereichen variiert werden. In Versuchen wurden Empfindlichkeiten von 70 bis 80 000 mm WS/mm erzielt. Bei einer Ablesungsunsicherheit von ± 1 mm WS entspricht das einer Einfangunsicherheit von ca. 0,01 μ m. Die Reproduzierbarkeit liegt in derselben Größenordnung. Die Anordnung und ihr Betrieb ist

mit einer geringen Umkehrspannung behaftet, die aber nur zum Teil auf strömungsdynamischen Effekten beruht. Bei Versuchen wurde eine Umkehrspanne von $65 \pm 0,1 \mu\text{m}$ erzielt.

Gegenüber geringen Spaltänderungen, also Änderungen des Abstandes h (vgl. Fig. 1 und Fig. 2) zwischen der Stirnfläche des Blockes 1 und der Prallplatte 5 bzw. dem Nocken 18 ist das System beim Symmetrieeinfang unempfindlich. Die günstigsten Ergebnisse werden bei sehr kleinem Abstand $h = 10$ bis $30 \mu\text{m}$ erzielt. Durch die kleinen Unsymmetrien im Aufbau wandert der Punkt, für den der Nullabgleich erfolgt, abhängig von Speisendruck P_s und Abstand h aus. Man kann die Fehler jedoch vernachlässigbar klein halten, wenn der Speisendruck P_s geregelt wird.

Die Fig. 3, 4a und 4b zeigen die Kennlinien, d.h. die Abhängigkeit des am Druckmeßgerät 8 gemessenen Druckunterschiedes Δp (mm WS) von der Verschiebung der Positionsgeber entlang der Richtung des Pfeiles s (μm). Als Parameter sind verschiedene Speisendrücke P_s eingezeichnet. Fig. 3 zeigt die Kennlinie einer Anordnung nach Fig. 1. Fig. 4a zeigt die Kennlinie einer Anordnung nach Fig. 2, d.h. einer Anordnung, bei der die Breite des Spaltes B gleich dem Abstand der Sondenbohrungen 6 und 7 ist. Fig. 4b zeigt die Kennlinie einer Anordnung nach Fig. 2, bei der die Breite B des Nockens 18 größer als der Abstand der beiden Sondenbohrungen ist.

Für die erfundungsgemäße Positionsmeßvorrichtung ergeben sich eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten. Sie stellt einen berührungslosen Fühler dar, der einerseits zur Positionierung eingesetzt werden kann, um Bauteile, so z.B. Werkstückträger nach einer/diesem Bauteil anzubringenden Marke sehr genau zu positionieren. Dieselbe Anwendungsmöglichkeit ergibt sich im Prinzip beim Einsatz in Meßvorrichtungen, bei denen z.B.

zylindrische Teile relativ zu einem Meßfühler ausgerichtet werden müssen. In diesem Fall kann der eigentliche Meßfühler direkt von der Düse 2 dargestellt werden. Ferner eignet sich die beschriebene pneumatische Positionsmeßvorrichtung zum Einfangen von Marken oder Nocken, die als Maßverkörperung auf einem Maßstab angebracht sind. Der lineare Zusammenhang zwischen dem Druck Δp und der Verschiebung des Nockens kann dabei gleichzeitig zur Interpolation von Zwischenwerten herangezogen werden.

Ferner lässt sich die erfindungsgemäße Positionsmeßvorrichtung als analoger Wegaufnehmer mit fluidischem Ausgangssignal einsetzen. Eine zylindrische Prallplatte bzw. ein Dachkantprisma oder auch der Nocken werden dabei mit einer spielfreien Lagerung, so etwa durch Plattefedern, senkrecht zur Achse der Düse geführt. Die Prallplatte wird dann mit einem mechanischen Taster versehen.

Wird eine ebene oder prismatische Prallplatte unter der Düse 2 schief angestellt, so wird in den beiden Sondenbohrungen ebenfalls ein Differenzdruck abgegriffen. Liegt die Drehachse der Prallplatte in einer Ebene mit der Achse der Düse 2, so ist eine solche Anordnung geeignet, kleine Winkeländerungen sehr genau aufzulösen. Die Prallplatte selber kann nun auf einen mechanischen Winkeltaster bzw. in vertikaler Anordnung auf ein Pendel aufgesetzt werden. Der Fühler lässt sich derart als Meßgrößenumformer in einen Winkeltaster bzw. einer pneumatischen Libelle einsetzen.

Patentansprüche

409808/0567

SAD ORIGINAL

Patentanwalt Dr. Uwe Dreiss
 7 Stuttgart 1
 Alexanderstr. 88
 Tel.: (0711) 24 68 29

Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur
 Förderung der angewandten
 Forschung e.V.
 Sitz München
 8000 München 19
 Romanstr. 13

Mein Zeichen:

FR - 235

Patentansprüche

- 1) Pneumatische Positionsmessvorrichtung, bei der die Relativlage eines verschiebbaren Positionsgebers durch die Messung des Druckes in zwei Bohrungen erfolgt, die an verschiedenen Stellen entlang der Verschieberichtung des Positionsgebers angeordnet sind, und der Positionsgeber bezüglich einer senkrecht zur Verschieberichtung liegenden Ebene derart symmetrisch ausgebildet ist, daß in einer definierten Stellung desselben vor den beiden Öffnungen der beiden Bohrungen gleiche Drücke entstehen, die bei einer Verschiebung des Positionsgebers ungleich verändert werden, so daß in den Bohrungen eine Druckdifferenz entsteht, dadurch gekennzeichnet, daß durch die als Sonden ausgebildeten Bohrungen (6, 7) (Sondenbohrungen) die Druckverhältnisse einer Strömung abgetastet werden, die durch Austreten eines Strömungsmittels aus einer zwischen den Sondenbohrungen (6, 7) senkrecht zur Verschieberichtung (s) angeordneten Düse (2) entsteht.

- 2) Pneumatische Positionsmeßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Positionsgeber (5, 18) über den gesamten in der definierten Stellung zwischen den Sondenbohrungen (6, 7) liegenden Bereich als Prallfläche ausgebildet ist.
- 3) Pneumatische Positionsmeßvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß der einem Druckdifferenz-Meßgerät (8) zugeführte Druck in den Sondenbohrungen (6, 7) an einem Druckteiler (15, 16) abgegriffen wird, der durch die Verbindung der Sondenbohrungen (6, 7) mit einer Vordrossel (13, 14) gebildet wird.
- 4) Pneumatische Positionsmeßvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingänge der den Sondenbohrungen (6, 7) vorgeschalteten Vordrosseln (13, 14) mit einer Quelle (17) eines unter Druck stehenden Mediums verbunden sind.
- 5) Pneumatische Positionsmeßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Positionsgeber durch eine Prallplatte (5) gebildet wird, deren Oberfläche beiderseits einer Symmetrieebene, die parallel zur Achse der Düse (2) verläuft, symmetrisch geneigt ist.
- 6) Pneumatische Positionsmeßvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Positionsgeber durch einen Zylinder gebildet wird, dessen Achse senkrecht zur Achse der Düse (2) verläuft.
- 7) Pneumatische Positionsmeßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Positionsgeber durch einen Nocken (18) gebildet wird.

- 8) Pneumatische Positionsmeßvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite (B) des Nockens (18) gleich dem Abstand der Sondenbohrungen (6, 7) voneinander ist.
- 9) Pneumatische Positionsmeßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Positionsgeber bezüglich einer Achse rotationssymmetrisch ausgebildet ist, die senkrecht zur Richtung (s) der Verschiebung des Positionsgebers verläuft.
- 10) Pneumatische Positionsmeßvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß der Speisedruck (P_s) der Düse (2) geregelt wird.
- 11) Pneumatische Positionsmeßvorrichtung, bei der die Relativlage eines Positionsgebers durch die Messung des Druckes in zwei Bohrungen erfolgt, die an verschiedenen Stellen gegenüber dem Positionsgeber angeordnet sind, und der Positionsgeber derart symmetrisch ausgebildet ist, daß in einer definierten Stellung desselben vor den beiden Öffnungen der beiden Bohrungen gleiche Drücke entstehen, so daß eine Veränderung der Lage des Positionsgebers die Drücke ungleich verändert und dadurch in den Bohrungen eine Druckdifferenz entsteht, dadurch gekennzeichnet, daß durch die als Sonden ausgebildeten Bohrungen (6, 7) (Sondenbohrungen) die Druckverhältnisse einer Strömung abgetastet werden, die durch Austreten eines Strömungsmittels aus einer zwischen den Sondenbohrungen (6, 7) angeordneten Düse entsteht.
- 12) Pneumatische Positionsmeßvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Positionsgeber senkrecht zur Achse der Düse (2) durch eine Lagerung geführt und zum Zwecke der analogen Wegaufnahme mit einem Taster versehen ist.

- 4 - 12

2237722

- 13) Pneumatische Positionsmeßvorrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, daß der Positionsgeber um eine
Achse drehbar gelagert ist, die mit der Achse der Düse (2)
eine Ebene bildet.

409808 / 0567

BAD ORIGINAL

13
Leerseite

ENT. JUNIOR GND 5.9.72

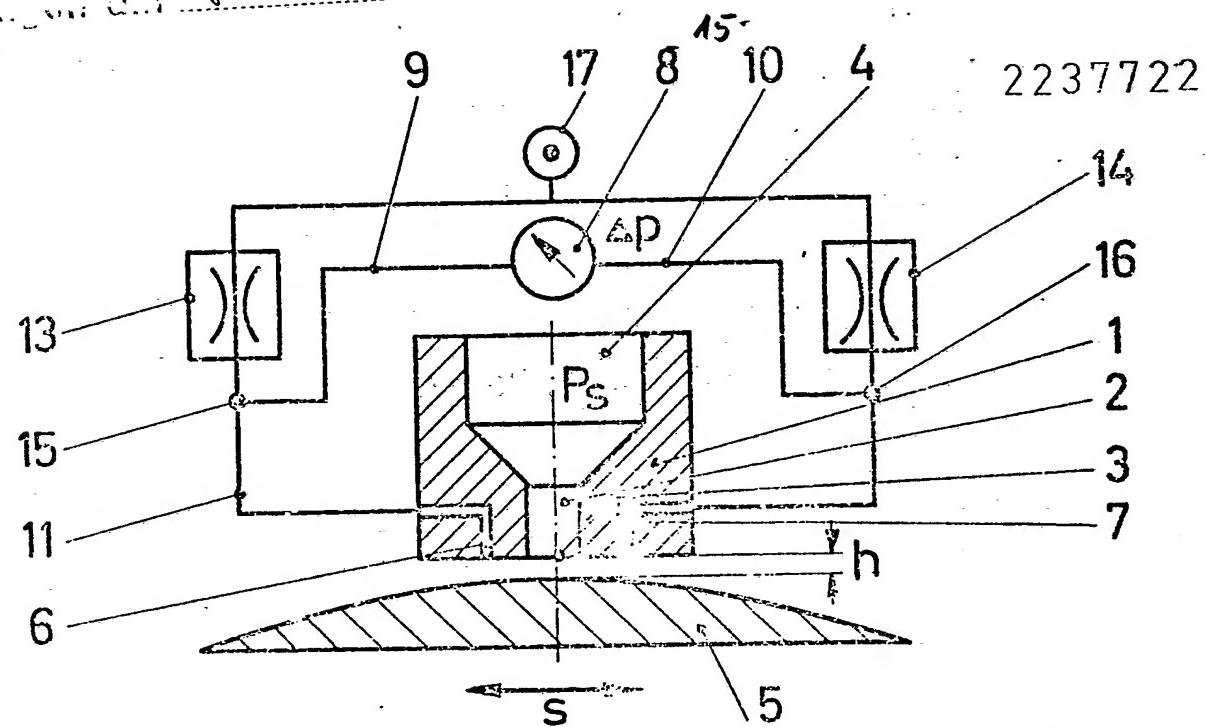


Fig. 1

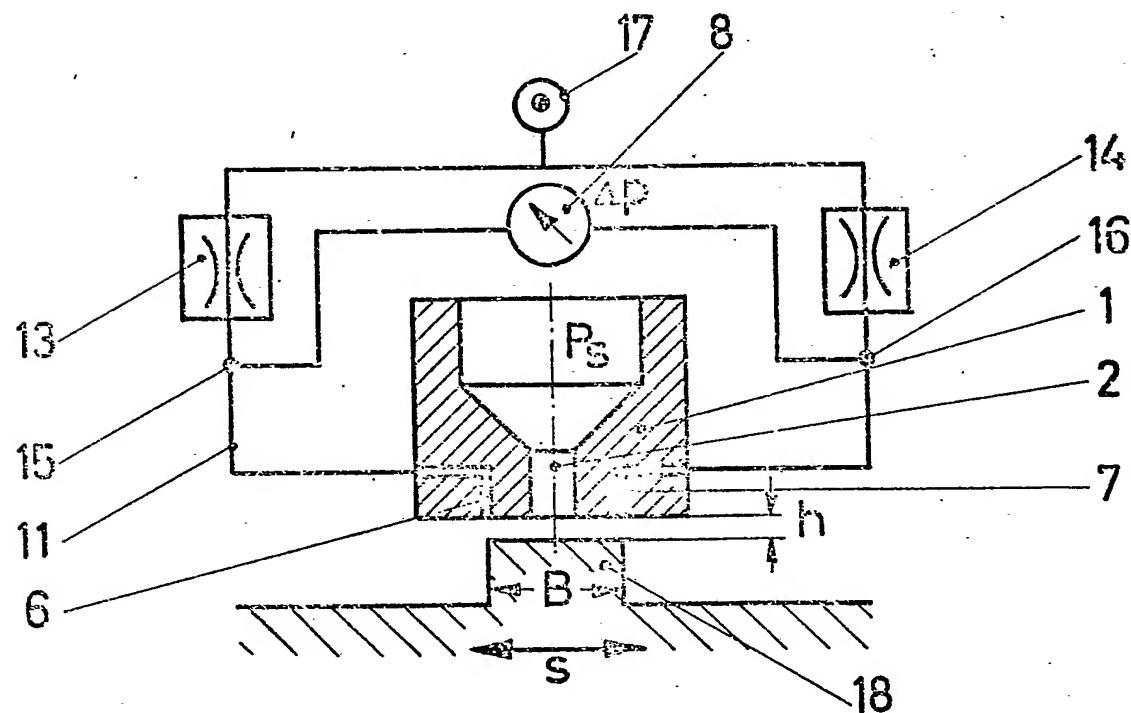
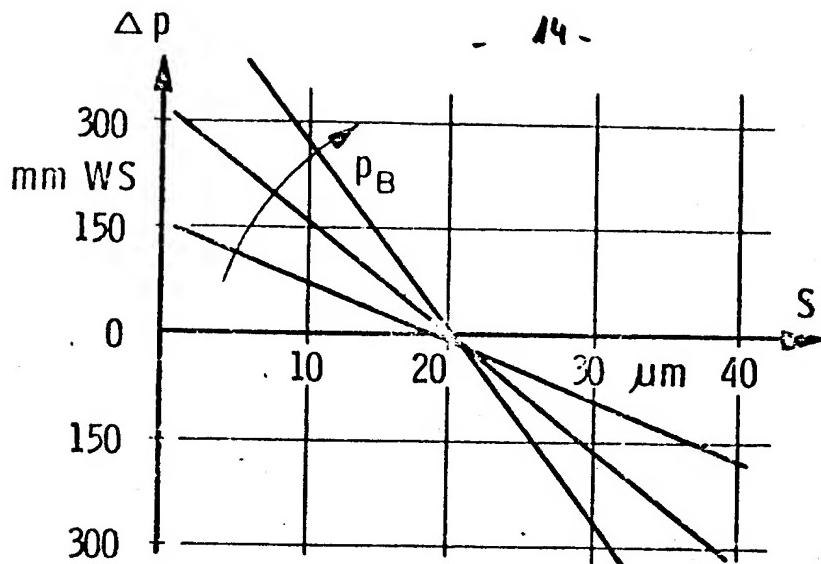


Fig. 2

42d 1-10 AD: 31.08.1972 OT: 21.02.1974

409808/0567

ORIGINAL INSPECTED



Figur 3

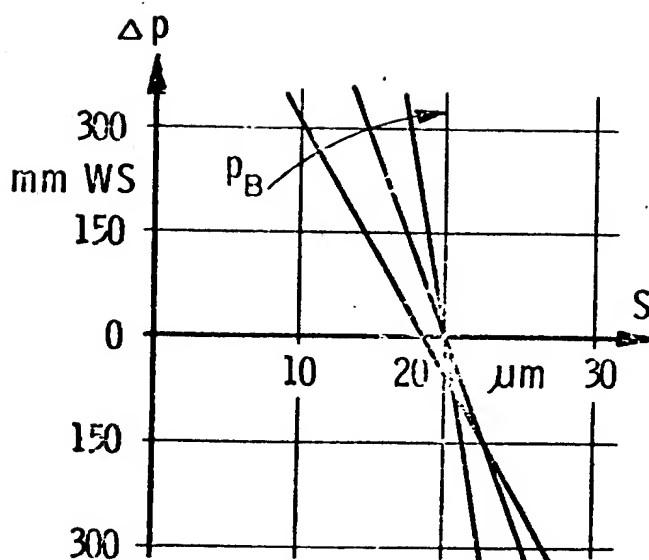


Fig. 4a.

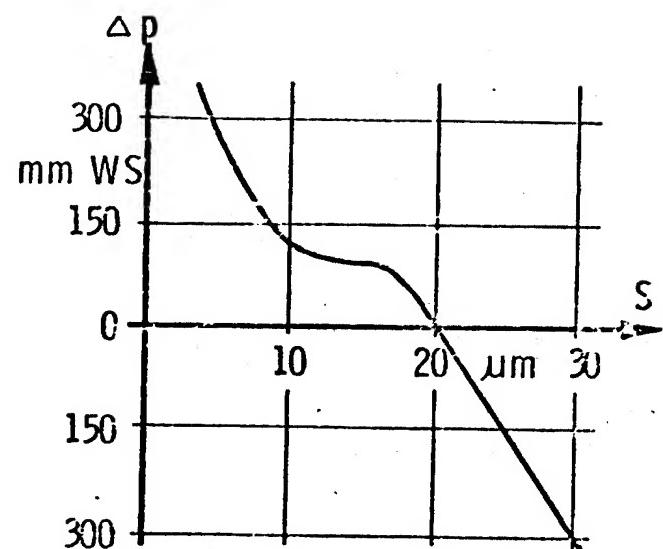


Fig. 4b.

409808 / 0567